



TITLE:

Robustness Evaluation of Long Span Truss Bridge Using Damage Influence Lines(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Mya, San Wai

CITATION:

Mya, San Wai. Robustness Evaluation of Long Span Truss Bridge Using Damage Influence Lines. 京都大学, 2020, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22417>

RIGHT:

許諾条件により本文は2020-10-01に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	MYA SAN WAI
論文題目	Robustness Evaluation of Long Span Truss Bridge Using Damage Influence Lines （損傷影響線を用いた長大トラス橋のロバスト性評価）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>近年，社会基盤施設の安全性を議論する際，構造設計時の想定と異なる不測の事態に対処することの重要性が認識されるようになってきた．特に 2011 年東日本大震災を機に，構造物が損傷したとしても，直ちに危機的な状態とならないための性能（危機耐性）が鉄道構造物基準に記載され，その概念を実現するための構造的技術の開発が活発に進められている．一方，構造物の一部が損傷することによる構造全体系の安全性への影響を議論することは重要であり，そのためのロバスト性評価手法の提案も多くなされているものの，その評価結果を構造設計に反映させるための議論は未だ少なく，今後活発な議論および検討が求められている．</p> <p>そこで本論文は，大河川を跨ぐ長大トラス橋梁を対象に，建設時の地震による倒壊事例および空爆による落橋防止対策として戦時中に開発された耐弾橋梁に関する分析を踏まえ，設計基準外事象に対する長大トラス橋梁の倒壊に関するロバスト性評価を行い，その評価結果に基づく構造改良対策に資する，新たな損傷影響線を提案するものである．</p> <p>本論文は全 9 章で構成されており，以下に各章の内容および主な成果を示す．</p> <p>第 1 章は序論であり，本研究の背景と目的を述べている．建設時の橋梁に関する地震時安全性，ロバスト性評価とともに，長大トラス橋梁の耐落橋性能を向上させるための留意点を整理している．さらに，本論文の構成を紹介している．</p> <p>第 2 章では，研究背景としてミャンマーにおける地震活動を整理している．ミャンマー周辺のプレートテクトニクス，特にインド-ビルマ山脈地帯における断層に関する地理学的知見を整理し，これらで発生したマグニチュード 6 以上の歴史地震，2002 年以降のマグニチュード 5 以上の地震を紹介し，特に 2012 年 Thabeikkyin 地震と 2016 年 Chauk 地震において観測された地震記録や被害状況を示している．</p> <p>第 3 章では，ミャンマーにおける長大橋梁とその設計基準について整理している．ミャンマーの 4 大河川である Ayeyarwaddy 川，Thanlwin 川，Chindwin 川，Sittaung 川を跨ぐ長大橋梁を整理し，その構造形式の大半は鋼トラス橋梁であること，またミャンマーにおける橋梁設計で参照される基準がアメリカの AASHTO および日本の道路橋示方書であることを紹介している．</p> <p>第 4 章では，長大トラス橋の落橋事例として，建設時のトラス橋梁の地震被害を取り上げ，その被害原因を推定している．建設時の橋梁は完成形とは異なり不安定な構造であるため，その耐震対策は日本でも課題であるが，2012 年にミャンマーで発生した Thabeikkyin 地震において，建設中の長大トラス橋が落橋した．静的および地震応答解析により，明らかとされていなかった被害部位を特定するとともに，建設中の仮設部材であるキングポストの構造改良効果について，代表的な強震動記録である El Centro 記録を用いた地震応答解析より，落橋を防止することができることを示した．</p> <p>第 5 章では，設計想定と異なる作用に対する長大橋梁の耐落橋性を高めるために開発された橋梁を取り上げ，技術史的考察と構造設計の再現解析を通じ，その特徴を明らかにしている．第二次世界大戦末期には，通常的设计基準作用に加え，空爆に対す</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	MYA SAN WAI
<p>る耐落橋性が新たに求められ，長大橋を対象に，耐弾橋梁である複斜材式トラス橋梁が開発，建設されたが，その技術的背景はほとんど知られていなかった．その開発の経緯や耐弾性能効果について，中心的な役割を担った技術者である小田彌之亮による文献を参考に，技術史的検討を行った．特に超高次不静定構造に対する構造設計を数値解析により再現解析し，設計結果と比較することで，当時の設計技術の高さを検証するとともに，開発された複斜材式トラス橋梁における鉛直部材の重要性を指摘した．</p> <p>第6章では，構造部材が損傷した影響を図式表現する損傷影響線を新たに提案し，橋梁のロバスト性低下に最も大きな影響を与える部材を特定した上で，損傷影響線を用いた部材損傷後の荷重支持能力の把握，そして構造改良検討に至る一連のロバスト性評価・改良法を提案している．具体的事例として，単純複斜材式トラス橋梁を対象に，ロバスト性指標により耐落橋性に最も影響の大きなトラス下限材を特定し，その部材が損傷した際には構造物の自重による死荷重支持能力が喪失してしまうものの，桁中央部の斜材を補強しておけば，最も影響の大きな下限材が損傷しても死荷重を支持することが可能であること，またその状態で設計活荷重の43%を支持することが可能であることを，損傷影響線を用いて評価した．</p> <p>第7章では，連続複斜材式トラス橋梁を対象としたロバスト性評価・改良法を検討している．耐落橋性に最も影響の大きなトラス部材が損傷したとしても，他の部材を改良することで落橋は防止できるものの，橋梁を支持する支承が損傷すると，現実的な補強では死荷重のみでも支持できず，落橋に至ることを示した．</p> <p>第8章では，連続複斜材式トラス桁に吊弦材を付加した橋梁を対象としたロバスト性評価・改良法を検討している．この橋梁形式は，中国と北朝鮮間の鴨緑江を跨ぐ橋梁として建設され，朝鮮戦争時の空爆でも落橋させることができなかった史実を有する鴨緑江大橋で採用されている．内的・外的不静定を高めた対策に加え，吊弦材を付与することにより，桁端部の橋梁支承が損傷しても死荷重を支持することが可能であり，落橋を防止できることに加え，5%程度ではあるものの活荷重支持能力が残存していることを示した．また，吊弦材は，通常時の活荷重も分担しており，単なるフェールセーフ部材ではなく，構造部材として機能していることを明らかにした．</p> <p>第9章では，本研究において得られた結論を総括し，今後の研究課題とともに取りまとめている．</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、建設時の長大トラス橋の地震による倒壊および空爆による落橋防止対策として開発された耐弾橋梁に関する分析を踏まえ、設計基準外事象に対する長大橋梁の倒壊に関するロバスト性評価法として新たに損傷影響線を提案し、これを用いた長大トラス橋のロバスト性評価およびその構造改良検討を行うものである。本論文の学術的意義は、以下のとおりである。

1) 構造部材が損傷した影響を図式表現する損傷影響線を新たに提案し、橋梁のロバスト性低下に最も大きな影響を与える部材の特定法、損傷影響線を用いた部材損傷後の荷重支持能力の把握と構造改良検討に至る一連のロバスト性評価・改良法を提案した。

2) 複数の異なる耐落橋性を高める構造的対策を施した長大トラス橋梁形式である複斜材式トラス橋梁に対し、その開発の経緯や耐弾性能効果について、中心的な役割を担った技術者である小田彌之亮による文献に基づき、技術史的検討を行った。特に超高次不静定構造に対する構造設計結果を数値解析により再現解析し、第二次大戦下の設計計算技術の高さを検証するとともに、開発された複斜材式トラス橋梁における鉛直部材の重要性を明らかにした。

3) 複斜材式トラス橋梁に対し、提案手法によるロバスト性評価を行い、耐落橋性を高める構造的対策の効果を検証した。吊弦材を有する複斜材式トラス橋梁では、死荷重は連続複斜材式トラス桁のみで支持することは可能なものの、死荷重と全活荷重を支持するには吊弦材が必要となり、耐落橋性対策である吊弦材が通常時の設計でも必要な部材であることを確認した。また同橋梁で耐落橋性に最も大きな影響を与える部材を特定し、それが損傷した影響を表す損傷影響線を描くことにより、吊弦材がなければ落橋を防止することができない橋脚支承部の損傷に対しても、死荷重を支持でき、落橋を防止することができることを明らかにした。

4) 提案手法によるロバスト性評価を行うことで、ある部材が損傷すると自重により落橋するトラス橋梁に対し、該当部材損傷後に抵抗する部材を改良することにより、落橋を防止することができることを示した。また、復旧作業を可能とするための活荷重支持能力についても損傷影響線を用いて算出することができ、橋梁に流入する交通を一部制限することにより、被災後に限定供用を可能とするための情報を提供できることを示した。

以上のように、本論文は、長大橋梁のロバスト性評価・改良法に資する損傷影響線を提案し、これを用いて構造改良効果を検証していることで、学術上、実務上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年2月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日：令和2年3月23日以降